

# UV/光電子法による微量ガス状および粒子状汚染物質の同時除去システムの開発

研究代表者	江見 準
雑誌名	平成10(1998)年度 科学研究費補助金 基盤研究(B) 研究成果報告書
巻	1997-1998
ページ	8p.
報告年度	1999-03
研究課題番号	09555229
URL	<a href="http://doi.org/10.24517/00048948">http://doi.org/10.24517/00048948</a>



# UV/光電子法による微量ガス状および粒子状 汚染物質の同時除去システムの開発

(課題番号 09555229)

平成9年度～平成10年度科学研究費補助金 (基礎研究(B)(1))  
研究成果報告書

平成11年3月

金沢大学附属図書館

究代表者 江見 準



8000-73556-3

(金沢大学工学部教授)

学

## は し が き

炭化水素系ガスならびに粒子状汚染物質は、電子産業における半導体および液晶などの先端産業における製造プロセスにおいて、膜質の悪化、歩留まりの低下などの原因として大きな問題となっている。また、従来微粒子除去のみで十分であった製造プロセスでも、製品の高品質化、高性能化、高集積化に伴い、共存するガス状汚染物質が製品に影響を及ぼすようになってきたため、粒子状汚染物質とともにガス状物質の除去の必要性が高まっている。現在、粒子状汚染物質の除去は、フィルタで行われており、その高性能化によってクリーンルームシステムによる高潔浄空間が創成されている。一方、ガス状汚染物質については、その除去が重要課題となっているにも関わらず、現在のところ有効な除去技術が開発されていない。これは、除去対象となるグリコール類、環状ケトン、アルケン、カルボニル化合物などの炭化水素系ガスの濃度がppmからppbオーダーと非常に低濃度なためである。前述の製造プロセスにおける汚染物質制御の要求は、今後ますます厳しくかつ多様化していく方向にあり、現在のクリーンルームシステムに代わるガス状および粒子状汚染物質の同時除去技術が望まれている。

本研究では、申請者らが最近開発したUV/光電子法（金の薄膜に紫外線を照射し、量子効果により常圧および減圧下で光電子を多量に放出させる方法）を利用して、常圧下から減圧下に適用できる、ガス中の炭化水素系汚染ガスおよび粒子状汚染物質の新しい同時除去システムを開発することを研究の目的とする。この方法によるガス状・粒子状物質の除去の原理を以下に説明する。放出された光電子は不安定なため、気中で粒子状物質やガス状汚染物質に選択的に付着する。粒子状物質は、電子の電荷を得て負の帯電粒子となり、静電気力によって電極に捕集される。ガス状物質は電子付着により、負イオンとなり、この負イオンを核としてクラスター、微粒子に成長（イオン誘発核生成）する。このようにして生成した粒子は電荷を持っているため、静電気力により捕集される。また、ガス状汚染物質の一部は、紫外光で光化学反応によって凝縮性の高い物質に変わり、粒子上に凝縮、あるいは気相核生成により粒子を新たに生成して、電子付着により帯電し、電界により除去される。

## 研究組織

- 研究代表者： 江 見 準 (金沢大学工学部教授)  
研究分担者： 奥 山 喜久夫 (広島大学工学部教授)  
研究分担者： 大 谷 吉 生 (金沢大学工学部教授)  
研究分担者： 島 田 学 (広島大学工学部助教授)  
研究分担者： 足 立 元 明 (大阪府立大学先端科学研究所講師)  
(研究協力者： 並 木 則 和)

## 研究経費

平成9年度	10,700	千円
平成10年度	2,200	千円
計	12,900	千円

## 研究発表

### (1). 学会誌等

- 1) N. Namiki, Y. Otani, H. Emi and N. Ohigashi: "Removal of Organic Species by UV-Irradiated Titania Honeycombs", *Proceedings of ICCCS 14th International Symposium on Contamination Control*, 482-488, 1998
- 2) H. Emi, E. Shintani, N. Namiki and Y. Otani: "Measurement of the Ion Mobility Distribution by a New Ion Mobility Analyzer with Separation Axial Direction to the Flow", *Journal of Aerosol Science*, **Vol.29** (S1), S1247-S1248, 1998
- 3) 並木則和, 大谷吉生, 江見準, 吉川文恵, 大東信之: "ハニカム担持酸化チタン光触媒による室内有機ガス状汚染物質の除去—正イオン添加による触媒活性の向上—", *空気清浄*, **Vol.36** (4), 267-273, 1998
- 4) N. Namiki, Y. Otani, H.Emi, F. Yoshikawa: "Removal of Toluene Vapor by Titania-Photocatalytic Reaction Combined with Corona Discharge", *Proceedings of the Third Taipei-Kyushu Joint Symposium on Chemical Engineering*, 176-178, 1999

- 5) K. Okuyama, M. Shimada, M., A. Okita, Y. Otani and S. J. Cho: "Performance Evaluation of Cluster-DMA with Integrated Electrometer and Its Application to Ion Mobility Measurements", *Journal of Aerosol Research, Japan*, **Vol.13** (2), 83-93, 1998
- 6) M. Shimada, K. Okuyama, M. Adachi and T. Fujii: "Aerosol Particle Removal at Reduced Pressure by an Electrical Precipitator Using UV/Photoelectron Method", *Journal of Aerosol Science*, **Vol.29** (S1), S1237-S1238, 1998
- 7) M. Shimada, K. Okuyama, Y. Inoue, M. Adachi and T. Fujii: "Removal of Airborne Particles by a Device Using UV/Photoelectron Method under Reduced Pressure Conditions", *Journal of Aerosol Science*, **Vol.30** (3), 341-353, 1999
- 8) T. O. Kim, T. Ishida, M. Adachi, K. Okuyama, and J. H. Seinfeld: "Nanometer-Sized Particle Formation from  $\text{NH}_3/\text{SO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{Air}$  Mixtures by Ionizing Irradiation", *Aerosol Science and Technology*, **Vol.29** (2), 111-125, 1998
- 9) 足立元明, 須藤収, 高橋武士: "減圧場におけるナノサイズ粒子の帯電量測定", *エアロゾル研究*, **Vol.13** (2), 94-102, 1998
- 10) M. Adachi, T. Ishida, T. O. Kim and K. Okuyama, "Effects of  $\text{NH}_3$  on Particle Formation from  $\text{NO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{Air}$  and  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{Air}$  Mixtures by  $\alpha$ -ray Radiolysis", *Journal of Aerosol Science*, **Vol.29** (S1), S839-S840, 1998

## (2). 口頭発表

- 1) 吉川文恵, 並木則和, 大谷吉生, 江見 準, 早川慎力, 堀家茂一: "酸化チタン光触媒反応による室内ガス状汚染物質の除去", 第15回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1997.4
- 2) 奥山喜久夫, 島田学, 井上雄貴, 藤井敏昭: "UV/光電子法による減圧場でのサブミクロン粒子の荷電と除去", 第15回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1997.4
- 3) 足立元明, 奥山喜久夫, 藤本敏行, 林忠雄: " $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{Air}$ 混合ガスの $\alpha$ 線照射による微粒子生成における $\text{NH}_3$ の影響", 第14回エアロゾル科学・技術研究討論会, 日本エアロゾル学会, 北九州, 1997.8

- 4) 島田学, 奥山喜久夫, 藤井敏昭: "UV/光電子法による壁面付着微粒子の除去の促進", 第14回エアロゾル科学・技術研究討論会, 日本エアロゾル学会, 北九州, 1997.8
- 5) 新谷栄一, 並木則和, 大谷吉生, 江見 準, 尹治文: "流れ方向分離型イオンモビリティアナライザの開発", 第14回エアロゾル科学・技術研究討論会, 日本エアロゾル学会, 北九州, 1997.8
- 6) 足立元明: "UV励起/光電子放出によるSiO<sub>2</sub>ナノ粒子の帯電", 化学工学会第30回秋季大会, 化学工学会, 福岡, 1997.9
- 7) 奥山喜久夫, 門野広明, 金 泰吾, 足立元明: "SO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O/Air混合ガスのα線照射による微粒子生成", 化学工学会第30回秋季大会, 化学工学会, 福岡, 1997.9
- 8) 島田学, 奥山喜久夫, 藤井敏昭: "UV/光電子法による半導体製造プロセスのクリーン化", 第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1998.4
- 9) 黒野あゆち, 並木則和, 大谷吉生, 江見準, 高田広之, 高柳啓一, 森治朔: "静電フィルタ方式によるクリーン搬送システムの開発", 第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1998.4
- 10) 並木則和, 前坊和寛, 大谷吉生, 江見準, 吉川文恵, 早川慎力, 宇梶正明, 大東信之: "酸化チタン光触媒反応によるガス状汚染物質の除去", 第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1998.4
- 11) 奥山喜久夫, 島田学, 沖田敦美: "クラスターDMAの性能評価と種々のイオン測定への応用", 第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 日本空気清浄協会, 東京, 1998.4
- 12) 前坊和寛, 並木則和, 大谷吉生, 江見準, 吉川文恵, 早川慎力, 宇梶正明, 大東信之: "酸化チタン光触媒反応によるガス状汚染物質の除去", 化学工学会富山大会, 化学工学会関西支部, 富山, 1998.7
- 13) 金燦洙, 奥山喜久夫, 足立元明: "α線照射によるSO<sub>2</sub>ガス-粒子転換におけるNO<sub>2</sub>とNH<sub>2</sub>の役割", 第15回エアロゾル科学技術・研究討論会, 日本エアロゾル学会, 浦和, 1998.8
- 14) 島田学, 浅井琢也, 小松原誠, 奥山喜久夫: "DMA内部の流れに及ぼす操作条件の影響のシミュレーションによる検討", 第15回エアロゾル科学技術・研

究討論会, 日本エアロゾル学会, 浦和, 1998.8

- 15) 並木則和, 黒野あゆち, 太郎良賢史, 大谷吉生, 江見準: "静電フィルター方式を用いたクリーン垂直搬送システムの開発", 第15回エアロゾル科学技術・研究討論会, 日本エアロゾル学会, 浦和, 1998.8
- 16) 足立元明, 金燦洙, 奥山喜久夫: "アルファ線照射によるSO<sub>2</sub>ガス-粒子転換に与えるNO<sub>2</sub>の役割", 化学工学会第31回秋季大会, 化学工学会, 米沢, 1998.9
- 17) 島田学, 奥山喜久夫, 沖田敦美, 河村典彦, 山内俊幸: "空气中クラスターイオンの計測と粒径制御", 化学工学会第31回秋季大会, 化学工学会, 米沢, 1998.9

## 研究成果

本研究では、UV/光電子法を利用して、常圧下から減圧下に適用できる、ガス中の炭化水素系汚染ガスおよび粒子状汚染物質の新しい同時除去システムを開発することを目的とした。

初年度は、本法による除去装置を試作して、主に大気圧下におけるガス状および粒子状汚染物質の除去特性について調べた。その結果、以下のような知見を得ることができた。(1) 様々な有機系ガスをUV光（波長254 nm）照射域に通して粒子生成の有無を調べた結果、空気雰囲気において芳香族のベンゼン、トルエン、キシレン、および有機ケイ素化合物であるシロキサンについて粒子の生成を確認し、滞留時間を変化させることにより、それぞれのガスから生成する粒子の粒径分布および個数濃度を制御することができる、(2) 試作した光電子発生装置に粒子生成の確認されたガスを通した場合、粒子生成が確認されなかった他のガスに比べて、出口のガス濃度が減少の割合が大きくなることから、粒子が生成することにより高効率で安定したガスの除去が行うことができる、(3) 除去装置に無帯電の標準PSL粒子を導入して粒子の帯電量を調べたところ、すべての粒子が負に帯電しており、効率的に荷電が行われている。以上の結果から、UV/光電子法を用いた本除去装置は、大気圧下においてガス・粒子の同時除去を高効率で行えることが示された。

次年度は、初年度の成果を踏まえて、ストッカー、テスト粒子発生装置、光電子量測定装置、低濃度超微粒子測定装置を減圧下（20 torr～）での使用に対応できるように改良し、大気圧下と同様の実験を行った結果、以下のような知見を得た。(1).単分散のPSL粒子をストッカー内に導入して、圧力ごとに発生イオン濃度、粒子の平均帯電数、粒子除去率を調べたところ、圧力が下がるにつれてそれぞれの値は上昇し、特に粒子除去率は100 torr以下で急激に効率が良くなる。(2).減圧場での粒子の荷電効率を考慮した粒子の移流拡散方程式を数値計算で解くことで、各圧力ごとの粒子除去率を推定できる。(3).減圧場でのガス状物質からの粒子生成を確認することはできなかったが、UV/O<sub>3</sub>洗浄を施したウェハを、光電子を発生させた場合と発生させない状態で、減圧ストッカー内に長時間保管してガス状物質の付着によるウェハの接触角を測定したところ、光電子を発生させた場合の方が接触角の上昇が抑えられる。(4).大気圧、減圧場において、酸化チタン光触媒を併用することでガス状



物質がさらに高効率で除去できる。

今後は、減圧場でUV/光電子の放出によりガス状物質から粒子が生成することを確認するために、その計測法を確立し、減圧下でのガス-粒子変換現象を定量的に把握する必要がある。

以下に、本研究の成果に関して発表した資料を資料I~Xに示す。